WIKIPEDIA

Erde

Die **Erde** ist der dichteste, fünftgrößte und der Sonne drittnächste Planet des Sonnensystems. Sie ist Ursprungsort und Heimat aller bekannten Lebewesen. Ihr Durchmesser beträgt mehr als 12.700 Kilometer und ihr Alter etwa 4,6 Milliarden Jahre. Nach ihrer vorherrschenden geochemischen Beschaffenheit wurde der Begriff der „erdähnlichen Planeten“ geprägt. Das astronomische Symbol der Erde ist ♁ oder ⊕.[5]

Da die Erdoberfläche zu etwa zwei Dritteln aus Wasser besteht und daher die Erde vom All betrachtet vorwiegend blau erscheint, wird sie auch **Blauer Planet** genannt. Sie wird metaphorisch auch als „Raumschiff Erde“ bezeichnet.

Die Erde spielt als Lebensgrundlage des Menschen in allen Religionen eine herausragende Rolle als heilige Ganzheit; in etlichen ethnischen, Volks- und historischen Religionen entweder als Vergöttlichung einer „Mutter Erde“ oder als personifizierte Erdgöttin.[6]

Inhaltsverzeichnis

Etymologie
Umlaufbahn
Rotation
- Präzession und Nutation
- Rotationsdauer und Gezeitenkräfte

Aufbau
- Innerer Aufbau
- Oberfläche
- Plattentektonik

Magnetfeld
Atmosphäre
Klima
- Klima- und Vegetationszonen
  - Polarzone
  - Gemäßigte Zone
  - Subtropen
  - Tropen
- Jahreszeiten
- Globaler Energiehaushalt
- Einfluss des Menschen

Mond
Weitere Begleiter
Entstehung der Erde
- Entstehung des Erdkörpers
- Herkunft des Wassers

Leben
- Mensch und Umwelt
- Menschlicher Einfluss auf die Zukunft

Ferne Zukunft und das Ende
Siehe auch
Literatur
Weblinks
Einzelnachweise

Etymologie

Das gemeingermanische Substantiv *erde* in Mittelhochdeutsch, in Althochdeutsch *erda* beruht mit verwandten Wörtern anderer indogermanischer Sprachen auf *er-*.[7]

Umlaufbahn

→ *Hauptartikel: Erdbahn*

Die Erde bewegt sich gemäß dem ersten Keplerschen Gesetz auf einer elliptischen Bahn um die Sonne. Die Sonne befindet sich in einem der Brennpunkte der Ellipse. Die Ellipsenhauptachse verbindet den sonnenfernsten und sonnennächsten Punkt der Umlaufbahn. Die beiden Punkte heißen Aphel und Perihel. Das Mittel aus Aphel- und Perihelabstand ist die Länge der großen Halbachse der Ellipse und beträgt etwa 149,6 Mio. km. Diese Länge definierte ursprünglich die Astronomische Einheit (AE), die als astronomische Längeneinheit hauptsächlich für Entfernungen innerhalb des Sonnensystems verwendet wird.

Das Aphel liegt bei 1,017 AE (152,1 Mio. km) und das Perihel bei 0,983 AE (147,1 Mio. km). Damit hat die Ellipse eine Exzentrizität von 0,0167. Der Aphel-Durchgang erfolgt um den 5. Juli und der Perihel-Durchgang um den 3. Januar. Die Erde umkreist die Sonne in 365 Tagen, 6 Stunden, 9 Minuten und 9,54 Sekunden; diese Zeitspanne heißt auch siderisches Jahr. Das siderische Jahr ist 20 Minuten und 24 Sekunden länger als das tropische Jahr, auf dem das bürgerliche Jahr der Kalenderrechnung basiert. Die Bahngeschwindigkeit der Erde beträgt im Mittel 29,78 km/s, im Perihel 30,29 km/s und im Aphel 29,29 km/s; somit legt die Erde eine Strecke der Länge ihres Durchmessers in gut sieben Minuten zurück.

Die Erdbahn ist zur inneren Nachbarbahn der Venus im Mittel 0,28 AE (41,44 Mio. km) und zur äußeren Nachbarbahn des Mars im Mittel 0,52 AE (78,32 Mio. km) entfernt. Im Mittel ist jedoch Merkur der Erde am nächsten (1,039 AE).[8] Auf der Erdbahn befinden sich mehrere koorbitale Objekte, weitere Details siehe: Erdbahn.

Die Erde umkreist die Sonne prograd, das heißt in der Rotationsrichtung der Sonne, was vom Nordpol der Erdbahnebene aus gesehen entgegen dem Uhrzeigersinn ist.

Die Erdbahnebene wird Ekliptik genannt. Die Ekliptik ist um gut 7° gegen die Äquatorebene der Sonne geneigt. Der Sonnennordpol ist der Erde am stärksten gegen Anfang September zugewandt, der Sonnensüdpol gegen Anfang März. In der Sonnenäquatorebene befindet sich die Erde nur kurz um den 6. Juni und den 8. Dezember.

Rotation

→ *Hauptartikel: Erdrotation*

Die Erde rotiert prograd in Richtung Osten einmal um ihre Achse relativ zu den Fixsternen in 23 Stunden, 56 Minuten und 4,09 Sekunden. Diese Zeitspanne wird analog zum siderischen Jahr als siderischer Tag bezeichnet. Weil die Erde die Sonne auch prograd umkreist und daher am nächsten Tag etwas anders zur Sonne steht (siehe Abb. rechts), ist ein siderischer Tag etwas kürzer als ein Sonnentag, der als die Zeitspanne zwischen zwei Sonnenhöchstständen (Mittag) definiert und in 24 Stunden eingeteilt ist.

Auf dem Erdäquator hat ein Punkt wegen der Eigenrotation eine Geschwindigkeit von 464 m/s bzw. 1670 km/h. Dies verursacht eine Fliehkraft, die die Figur der Erde an den Polen geringfügig abplattet und am Äquator zu einem Äquatorwulst verformt. Daher ist gegenüber einer volumengleichen Kugel der Äquatorradius 7 Kilometer größer und der Polradius 14 Kilometer kleiner. Der Äquator-Durchmesser ist etwa 43 km größer als der von Pol zu Pol. Deshalb ist der Chimborazo-Gipfel wegen seiner Äquatornähe der Punkt der Erdoberfläche, der am weitesten vom Erdmittelpunkt entfernt ist.

Die Erdrotationsachse ist 23°26′ gegen die senkrechte Achse der Ekliptik geneigt, dadurch werden die Nord- und die Südhalbkugel an verschiedenen Punkten der Erdbahn von der Sonne unterschiedlich beschienen, was zu den das Klima der Erde prägenden Jahreszeiten führt. Die Achsneigungsrichtung fällt für die Nordhalbkugel derzeit in die ekliptikale Länge des Sternbilds Stier. Dort steht, von der Erde aus gesehen, am 21. Juni die Sonne zur Sommersonnenwende. Da die Erde zwei Wochen später ihr Aphel durchläuft, fällt der Sommer auf der Nordhalbkugel in die Zeit ihres sonnenfernen Bahnbereichs.

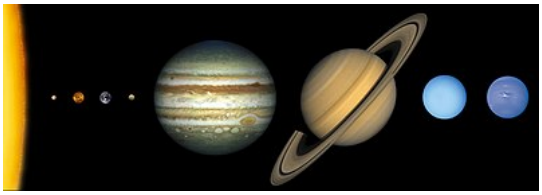
Präzession und Nutation

Am Erdäquatorwulst erzeugen die Gezeitenkräfte des Mondes und der Sonne ein Drehmoment, das die Erdachse aufzurichten versucht und sie kreiseln lässt. Dies wird lunisolare Präzession genannt. Dadurch vollführt die Erdachse einen Kegelumlauf in 25.700 bis 25.800 Jahren. Mit diesem Zyklus der Präzession verschieben sich die Jahreszeiten. Zusätzlich verursacht der Mond durch die Präzessionsbewegung seiner eigenen Umlaufbahn mit einer Periode von 18,6 Jahren eine „nickende“ Bewegung der Erdachse, die als Nutation bezeichnet wird. Der Mond stabilisiert zugleich die Erdachsenneigung, die ohne ihn durch die Anziehungskraft der Planeten bis zu einer Schräglage von 85° taumeln würde.[9] Für Einzelheiten siehe den Abschnitt Mond.

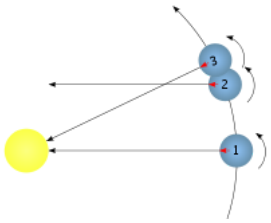
Rotationsdauer und Gezeitenkräfte

Auf der Erde verursacht die Gravitation von Mond und Sonne die Gezeiten von Ebbe und Flut der Meere. Dabei ist der Anteil der Sonne etwa halb so groß wie der des Mondes. Die Gezeiten heben und senken auch die Landmassen um etwa einen halben Meter. Die Gezeiten verursachen die Gezeitenreibung, die die Erdrotation bremst und dadurch die Tage um etwa 20 Mikrosekunden pro Jahr verlängert. Dabei wird die Rotationsenergie der Erde in Wärme umgewandelt und der Drehimpuls wird auf den Mond übertragen, der sich dadurch um etwa vier Zentimeter pro Jahr von der Erde entfernt. Dieser schon lange vermutete Effekt ist seit 1995 durch Laserdistanzmessungen abgesichert. Extrapoliert man diese Abbremsung in die Zukunft, wird auch die Erde einmal dem Mond immer dieselbe Seite zuwenden, wobei ein Tag auf der Erde dann etwa 47-mal so lang wäre wie heute. Damit unterliegt die Erde demselben Effekt, der schon zur gebundenen Rotation *(Korotation)* des Mondes führte.

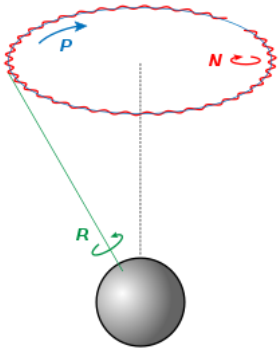
Für Details siehe: Langfristige Änderungen der Erdrotation und Gezeiten

Erde ♁ ⊕	
Blue Marble, eine Aufnahme der Erde von Apollo 17 am 7. Dezember 1972	
Eigenschaften des Orbits[1]	
Große Halbachse	1 AE (149,6 Mio. km)
Perihel – Aphel	0,983 – 1,017 AE
Exzentrizität	0,0167
Neigung der Bahnebene	0,0001°
Siderische Umlaufzeit	365,256 d
Mittlere Orbitalgeschwindigkeit	29,78 km/s
Physikalische Eigenschaften[1][2]	
Äquatordurchmesser*	12.756,27 km
Poldurchmesser*	12.713,50 km
Masse	$5{,}9724 \cdot 10^{24}$ kg
Mittlere Dichte	5,514 g/cm^3
Fallbeschleunigung*	9,798 m/s^2
Fluchtgeschwindigkeit	11,186 km/s
Rotationsperiode	23 h 56 min 4 s
Neigung der Rotationsachse	23,44°
Geometrische Albedo	0,434
Eigenschaften der Atmosphäre	
Druck*	1,014 bar
Temperatur* Min. – Mittel – Max.	184 K (−93 °C)[4] 288 K (+15 °C) 331 K (+58 °C)
Hauptbestandteile ▪ Stickstoff: 78,08 % ▪ Sauerstoff: 20,95 % ▪ Argon: 0,93 % ▪ Kohlenstoffdioxid: 0,042 %[3] ▪ Neon: 0,002 %	
bezogen auf das Nullniveau des Planeten	
Sonstiges	
Monde	Mond
	
v. l. n. r.: Größenvergleich zwischen Sonnenrand, Merkur, Venus, Erde, Mars, Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun (maßstabsgerechte Fotomontage der Größen, jedoch nicht der Abstände)	

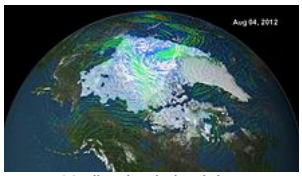
Die Erdrotation als Animation



Siderischer Tag (1–2) und Sonnentag (1–3)



Präzessionsbewegung der Erdachse



Mediendatei abspielen
Zusammenstellung von Satellitenaufnahmen der Erde, die 2012 aufgenommen wurden. (in HD)

Vergleich der Abstände von Erde, Venus und Merkur zur Sonne:

v. l. n. r.: Abstandverhältnisse von Sonne, Merkur, Venus und Erde mit den Bereichen ihrer Umlaufbahnen.
Die Entfernungen und der Durchmesser der Sonne sind hierbei maßstabsgetreu, die Durchmesser der Planeten sind vereinheitlicht und stark vergrößert.

Aufbau

Die Erde definiert mit ihrem geochemischen Aufbau die Klasse der erdähnlichen Planeten (auch *erdartige*, *terrestrische* Planeten, oder *Gesteinsplaneten* genannt). Die Erde ist unter den vier erdähnlichen Planeten des Sonnensystems der größte.

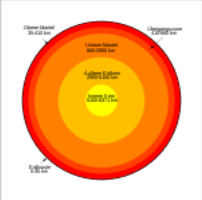
Innerer Aufbau

→ *Hauptartikel: Innerer Aufbau der Erde und Erdfigur*

Die Erde setzt sich massenanteilig zusammen aus Eisen (32,1 %), Sauerstoff (30,1 %), Silizium (15,1 %), Magnesium (13,9 %), Schwefel (2,9 %), Nickel (1,8 %), Calcium (1,5 %) und Aluminium (1,4 %). Die restlichen 1,2 % teilen sich Spuren von anderen Elementen.

Die Erde besteht nach seismischen Messungen aus drei Schalen: Dem Erdkern, dem Erdmantel und der Erdkruste. Diese Schalen sind durch seismische Diskontinuitätsflächen (Unstetigkeitsflächen) voneinander getrennt. Die Erdkruste und der oberste Teil des oberen Mantels bilden zusammen die Lithosphäre. Sie ist zwischen 50 und 100 km dick und besteht aus großen und kleineren tektonischen Platten.

Ein dreidimensionales Modell der Erde heißt, wie alle verkleinerten Nachbildungen von Weltkörpern, Globus.



Der Schalenaufbau der Erde

Dreidimensionale Darstellung

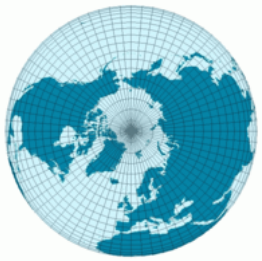
Oberfläche

→ *Hauptartikel: Erdoberfläche*

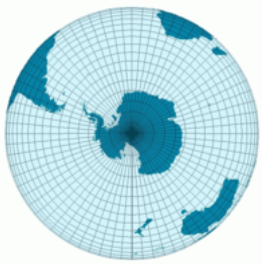
	Fläche in km²	Anteil
Gesamtfläche der Erde	510.000.000	100,0 %
Wasserfläche	360.570.000	70,7 %
Landfläche	149.430.000	29,3 %
davon Dauernutzungsraum des Menschen (Wohngebiete, Infrastruktur, intensiv genutzte Flächen, Land- und Forstwirtschaft) 2004[10]	72.084.920	48,2 %
sowie kaum und nicht genutzte „Wildnisregionen“ (inkl. Eisschilde) 2004[10]	77.345.080	51,8 %

Landhalbkugel

Wasserhalbkugel



Nordhalbkugel



Südhalbkugel

Der Äquatorumfang ist durch die Zentrifugalkraft der Rotation mit 40.075,017 km um 67,154 km (0,17 %) größer als der Polumfang (Meridianumfang) mit 40.007,863 km (bezogen auf das geodätische Referenzellipsoid von 1980). Der Poldurchmesser ist mit 12.713,504 km dementsprechend um 42,816 km bzw. um 0,34 % kleiner als der Äquatordurchmesser mit 12.756,320 km (bezogen auf das Referenzellipsoid; die tatsächlichen Zahlen weichen davon ab). Die Unterschiede im Umfang tragen mit dazu bei, dass es keinen eindeutig höchsten Berg auf der Erde gibt. Nach der Höhe über dem Meeresspiegel ist es der Mount Everest im Himalaya und nach dem Abstand des Gipfels vom Erdmittelpunkt der auf dem Äquatorwulst stehende Vulkanberg Chimborazo in den Anden. Von der jeweils eigenen Basis an gemessen ist der Mauna Kea auf der vom pazifischen Meeresboden aufragenden großen vulkanischen Hawaii-Insel am höchsten.

Die Erdoberfläche ist etwa 510 Mio. km² groß. Sie lässt sich in zwei unterschiedliche Halbkugeln teilen: In eine Landhemisphäre und eine Wasserhemisphäre. Die Landhemisphäre umfasst den größeren Anteil der Landfläche und besteht knapp zur Hälfte mit 47 % aus Land. Die Fläche der Wasserhemisphäre enthält nur 11 % Land und wird durch Ozeane dominiert.

Die Erde ist der einzige Planet im Sonnensystem, auf dessen Oberfläche flüssiges Wasser existiert. 96,5 % des gesamten Wassers der Erde enthalten die Meere. Das Meerwasser enthält im Durchschnitt 3,5 % Salz.

Die Wasserfläche hat in der gegenwärtigen geologischen Epoche einen Gesamtanteil von 70,7 % an der Erdoberfläche. Die restlichen 29,3 %, die Landfläche, entfallen hauptsächlich auf sieben Kontinente; in der Reihenfolge ihrer Größe: Asien, Afrika, Nordamerika, Südamerika, Antarktika, Europa und Australien (Europa ist im Rahmen der Plattentektonik als große westliche Halbinsel des Kontinentes Eurasien allerdings wahrscheinlich nie eine selbstständige Einheit gewesen). Die Fläche des Weltmeeres wird allgemein in drei Ozeane einschließlich der Nebenmeere unterteilt: den Pazifik, den Atlantik und den Indik. Die tiefste Meeresstelle, das Witjastief 1, liegt im Marianengraben, 11.034 m unter dem Meeresspiegel. Die durchschnittliche Meerestiefe beträgt 3.800 m. Das ist etwa das Fünffache der bei 800 m liegenden mittleren Höhe der Kontinente (s. hypsografische Kurve).

Plattentektonik

→ *Hauptartikel: Plattentektonik*

Die größten Platten entsprechen in ihrer Anzahl und Ordnung etwa jener der von ihnen getragenen Kontinente, mit Ausnahme der pazifischen Platte. Alle diese Platten bewegen sich gemäß der Plattentektonik relativ zueinander auf den teils aufgeschmolzenen, zähflüssigen Gesteinen des oberen Mantels, der 100 bis 150 km mächtigen Asthenosphäre.

Magnetfeld

→ *Hauptartikel: Erdmagnetfeld*

Das die Erde umgebende Magnetfeld wird von einem *Geodynamo* erzeugt. Das Feld ähnelt nahe der Erdoberfläche einem magnetischen Dipol. Die magnetischen Feldlinien treten auf der Südhalbkugel aus und durch die Nordhalbkugel wieder in die Erde ein. Im Erdmantel wird das Magnetfeld verformt. Das Magnetfeld wird außerhalb der Erdatmosphäre durch den Sonnenwind gestaucht.

Die magnetischen Pole der Erde fallen nicht genau mit den geografischen Polen zusammen. Die Magnetfeldachse war im Jahr 2007 um etwa 11,5° gegenüber der Erdachse geneigt.

Atmosphäre

→ *Hauptartikel: Erdatmosphäre*

Die Erdatmosphäre geht kontinuierlich in den Weltraum über, so dass sie nach oben nicht scharf begrenzt ist. Ihre Masse beträgt etwa 5,13 × 10^{18} kg und macht somit knapp ein Millionstel der Erdmasse aus. In der Atmosphäre auf Meeresspiegel-Niveau beträgt der mittlere Luftdruck unter Standardbedingungen 1013,25 hPa. Die Atmosphäre besteht am Boden vor allem aus 78 Vol.-% Stickstoff, 21 Vol.-% Sauerstoff und 1 Vol.-% Edelgasen, überwiegend Argon. Dazu kommt 0,4 Vol.-% Wasserdampf in der gesamten Erdatmosphäre. Der für den Treibhauseffekt wichtige Anteil an Kohlendioxid ist durch menschlichen Einfluss gestiegen und liegt momentan bei etwa 0,04 Vol.-%.[11]

Diese Ansicht aus der Umlaufbahn zeigt den Vollmond, der von der Erdatmosphäre teilweise verschleiert wird. *NASA-Bild.*

Die auf der Erde meteorologisch gemessenen Temperaturextreme betragen −89,2 °C (gemessen am 21. Juli 1983 auf 3420 Metern Höhe in der Wostok-Station in der Antarktis) und 56,7 °C (gemessen am 10. Juli 1913 im Death Valley auf 54 m unter dem Meeresspiegel)[12]. Die mittlere Temperatur in Bodennähe beträgt 15 °C. Bei dieser Temperatur liegt die Schallgeschwindigkeit in der Luft auf Meeresniveau bei 340 m/s.

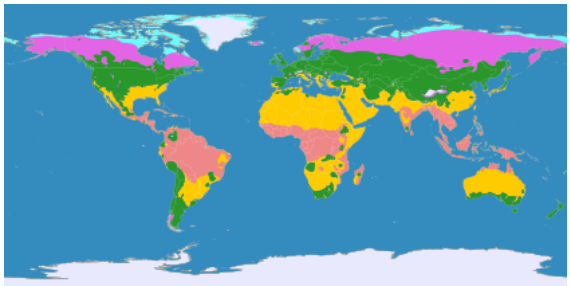
Die Erdatmosphäre streut den kurzwelligen, blauen Spektralanteil des Sonnenlichts etwa fünfmal stärker als den langwelligen, roten und färbt dadurch bei hohem Sonnenstand den Himmel blau. Ebenfalls blau erscheint die Oberfläche der Meere und Ozeane vom Weltall aus, weswegen die Erde seit dem Beginn der Raumfahrt auch der „Blaue Planet“ genannt wird. Dieser Effekt ist jedoch auf die stärkere Absorption roten Lichtes im Wasser selbst zurückzuführen. Dabei ist die Spiegelung des blauen Himmels an der Wasseroberfläche nur nebensächlich.

Klima

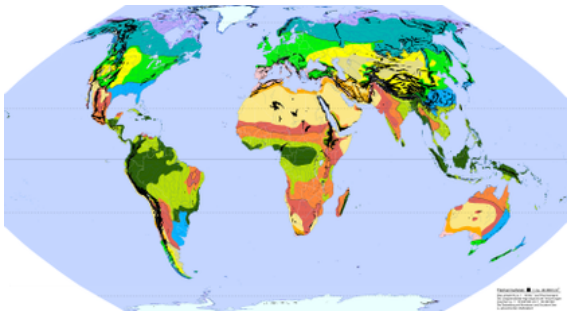
Klima- und Vegetationszonen

Die Erde wird anhand unterschiedlich intensiver Sonneneinstrahlung in Klimazonen eingeteilt, die sich vom Nordpol zum Äquator erstrecken – und auf der Südhalbkugel spiegelbildlich verlaufen. Die Klimate prägen die Vegetation, die ähnlich in verschiedene zonale biogeographische Modelle gegliedert werden.

Klimazone	ungefähre Breitengrade Nord/Süd	Durchschnitts-temperatur
Polarzone/Kalte Zone	Pol bis 66,56° (Polarkreise)	ca. 0 °C
Gemäßigte Zone	66,56° bis 40°	ca. 8 °C
Subtropen	40° bis 23,5° (Wendekreise)	ca. 16 °C
Tropen	23,5° bis Äquator	ca. 24 °C


Klimagürtel der Erde

Je weiter eine Klimazone vom Äquator und vom nächsten Ozean entfernt ist, desto stärker schwanken die Temperaturen zwischen den Jahreszeiten.


Ökozonen der Erde nach Schultz

Polarzone

→ *Hauptartikel: Polargebiet*

Die Polargebiete liegen an den Polen. Das Nördliche liegt innerhalb des nördlichen Polarkreises und umfasst die Arktis, in deren Zentrum das Nordpolarmeer liegt. Das Südliche liegt entsprechend innerhalb des südlichen Polarkreises und umfasst die Antarktis, zu der der Großteil des Kontinents Antarktika gehört.

Die Polargebiete werden geprägt durch kaltes Klima mit viel Schnee und Eis, Polarlichtern, sowie dem Polartag mit der Mitternachtssonne und der Polarnacht, die beide bis zu einem halben Jahr dauern können.

Die Vegetation der polaren- und subpolaren Ökozone reicht von den Kältewüsten (die nur kleine, inselartige Pflanzenvorkommen mit sehr wenigen flach wachsenden Arten aufweisen) zu den baumlosen, gras-, strauch- und moosbewachsenen Tundren.

Gemäßigte Zone

→ *Hauptartikel: Gemäßigte Zone*

Die gemäßigte Klimazone reicht vom Polarkreis bis zum vierzigsten Breitengrad und wird in eine kalt- und kühlgemäßigte Zone eingeteilt. In dieser Zone unterscheiden sich die Jahreszeiten groß, was jedoch zum Äquator etwas abnimmt. Ein weiteres Merkmal sind die Unterschiede der Längen von Tag und Nacht, die je nach Jahreszeit stark variieren. Diese Unterschiede nehmen zum Pol hin immer mehr zu.

Die Vegetation wird durch Wälder (im Norden boreale Nadelwälder, im Süden nemorale Misch- und Laubwälder der feuchten Mittelbreiten) sowie Grassteppen und winterkalte Halbwüsten und Wüsten (Prärien und Großes Becken in Nordamerika; Eurasische Steppe und Wüsten Zentralasiens) geprägt.

Subtropen

→ *Hauptartikel: Subtropen*

Die Subtropen (zum Teil auch *warmgemäßigte Klimazone*) liegen in der geografischen Breite zwischen den Tropen in Äquatorrichtung und den gemäßigten Zonen in Richtung der Pole, ungefähr zwischen 25° und 40° nördlicher beziehungsweise südlicher Breite. In den Subtropen herrschen tropische Sommer und nicht-tropische Winter vor. Die Subtropen lassen sich weiter in trockene, winterfeuchte, sommerfeuchte und immerfeuchte Subtropen unterteilen.

Weitverbreitet wird *subtropisches Klima* mit einer Mitteltemperatur im Jahr über 20 Grad Celsius, und einer Mitteltemperatur des kältesten Monats von unterhalb 20 Grad definiert.

Die Unterschiede zwischen den Längen von Tag und Nacht sind relativ gering.

Die Vegetation umfasst vor allem trockene Offenlandschaften (Heiße Halbwüsten und -Wüsten wie die Sahara und die australischen Wüsten), aber auch Waldgebiete (lichte Hartlaubwälder der winterfeuchten „Mittelmeerklimate“ und dichte Lorbeerwälder der immerfeuchten Subtropen).

Tropen
→ Hauptartikel: Tropen

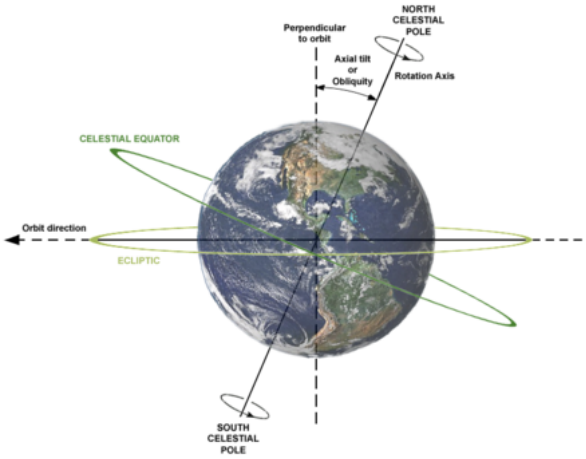
Die Tropen befinden sich zwischen dem nördlichen und südlichen Wendekreis. In den Tropen sind Tag und Nacht immer ungefähr gleich lang (zwischen 10,5 und 13,5 Stunden).

Die Tropen können in die immerfeuchten und wechselfeuchten Tropen unterteilt werden. Nur die wechselfeuchten Tropen haben zwei klimatisch unterscheidbare Jahreszeiten: Trocken- und Regenzeit.

Die Tropen werden vegetationsgeographisch in die sommerfeuchten- Trocken- und Feuchtsavannen sowie die Regenwälder der immerfeuchten Tropen (Amazonasbecken, Kongobecken, Malaiischer Archipel und Neuguinea) untergliedert. In den Tropen konzentriert sich die größte Artenvielfalt und Biodiversität der Erde.

Jahreszeiten
→ Hauptartikel: Jahreszeiten

Die Jahreszeiten werden in erster Linie von der Einstrahlung der Sonne verursacht und können infolgedessen durch Temperatur- und/oder Niederschlagsmengenschwankungen geprägt sein. Darunter wird in der gemäßigten Zone gewöhnlich der Wechsel der Tageshöchst- bzw. Tagestiefsttemperaturen verstanden. In den Subtropen und stärker in den Tropen werden diese Temperaturunterschiede mit Schwankungen der Monatsmittel des Niederschlags überlagert, und in seiner Wahrnehmbarkeit verringert.



Die Neigung der Erdachse

Die Unterschiede entstehen durch die Neigung des Äquators gegen die Ekliptik. Dies hat zur Folge, dass der Zenitstand der Sonne zwischen dem nördlichen und südlichen Wendekreis hin- und herwandert (daher auch der Name Wendekreis). Dadurch entstehen neben den unterschiedlichen Einstrahlungen auch die Unterschiede der Längen von Tag und Nacht, die je nach Jahreszeit stark variieren. Diese Unterschiede nehmen zum Pol hin immer mehr zu.

Die Wanderung erfolgt im Jahresrhythmus wie folgt:

- 21. Dezember (Wintersonnenwende): Die Sonne steht über dem südlichen Wendekreis (Wendekreis des Steinbocks). Auf der Nordhalbkugel ist nun der kürzeste und auf der Südhalbkugel der längste Tag des Jahres. Der astronomische Winter beginnt. Auf der Nordhalbkugel erreicht die mittlere (Tages- bzw. Monats-)Temperatur durch die nun geringe Sonneneinstrahlung dort mit einiger Verzögerung ihren Tiefstpunkt. Am Nordpol ist die Mitte der Polarnacht und am Südpol die Mitte des Polartags.
- 19. bis 21. März: Tagundnachtgleiche: Im Norden beginnt astronomisch der Frühling und im Süden der Herbst. Die Sonne ist auf Höhe des Äquators.
- 21. Juni (Sommersonnenwende): Die Sonne steht über dem nördlichen Wendekreis (Wendekreis des Krebses). Längster Tag im Norden und kürzester Tag im Süden. Auf der Nordhalbkugel beginnt nun der astronomische Sommer und auf der Südhalbkugel der astronomische Winter. Auf der Nordhalbkugel erreicht die mittlere Tages- bzw. Monatstemperatur durch die höhere Sonneneinstrahlung dort mit einiger Verzögerung ihren Höchstpunkt. Am Nordpol ist die Mitte des Polartags und am Südpol die Mitte der Polarnacht.
- 22. oder 23. September: Tagundnachtgleiche: Im Norden beginnt astronomisch der Herbst, im Süden der Frühling. Die Sonne ist wieder auf Höhe des Äquators.

Abweichend davon wird in der Meteorologie der Beginn der Jahreszeiten jeweils auf den Monatsanfang vorverlegt (1. Dezember, 1. März usw.).

Globaler Energiehaushalt

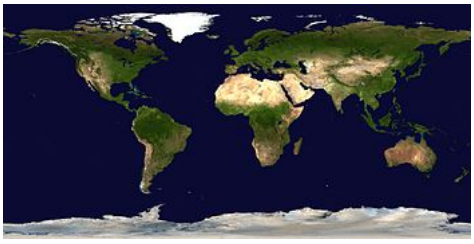
Der Energiehaushalt der Erde wird wesentlich durch die Einstrahlung der Sonne und die Ausstrahlung der Erdoberfläche bzw. Atmosphäre bestimmt, also durch den Strahlungshaushalt der Erde. Die restlichen Beiträge von zusammen etwa 0,02 % liegen deutlich unterhalb der Messungsgenauigkeit der Solarkonstanten sowie ihrer Schwankung im Lauf eines Sonnenfleckenzyklus.

Etwa 0,013 % macht der durch radioaktive Zerfälle erzeugte geothermische Energiebeitrag aus, etwa 0,007 % stammen aus der menschlichen Nutzung fossiler und nuklearer Energieträger und etwa 0,002 % verursacht die Gezeitenreibung.

Die Erde hat eine geometrische Albedo im Mittel von 0,367, wobei ein wesentlicher Anteil auf die Wolken der Erdatmosphäre zurückzuführen ist. Dies führt zu einer globalen effektiven Temperatur von 246 K (−27 °C). Die Durchschnittstemperatur am Boden liegt jedoch durch einen starken atmosphärischen Treibhauseffekt bzw. Gegenstrahlung bei etwa 288 K (15 °C), wobei die Treibhausgase Wasser und Kohlendioxid den Hauptbeitrag liefern.

Siehe auch: Gleichgewichtstemperatur

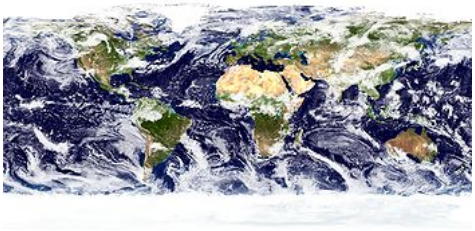
Einfluss des Menschen



Die Erdoberfläche bei Tag (Fotomontage).

Die Erdoberfläche bei Nacht (Fotomontage).

Mit Eispanzer (Fotomontage)



Mit Eispanzer und Wolken (Fotomontage)

Die Wechselwirkungen zwischen Lebewesen und Klima haben heute eine neue Quantität durch den zunehmenden Einfluss des Menschen erreicht. Während etwa 1,8 Milliarden Menschen im Jahr 1920 die Erde bevölkerten, wuchs die Erdbevölkerung bis zum Jahr 2008 auf knapp 6,7 Milliarden. Ein starkes Bevölkerungswachstum ist für die absehbare Zukunft in den Entwicklungsländern weiterhin zu erwarten, während in vielen hoch entwickelten Ländern die Bevölkerung stagniert oder nur sehr langsam wächst, aber deren industrieller Einfluss auf die Natur weiterhin wächst. Die Erdbevölkerung sollte nach einer Expertenprognose vom Februar 2005 der Vereinten Nationen bis zum Jahr 2013 auf 7 Milliarden und bis 2050 auf 9,1 Milliarden wachsen.

Da viele Menschen nach steigendem Lebensstandard streben, konsumieren sie mehr, was aber mehr Energie verbraucht.[13] Die meiste Energie stammt aus der Verbrennung fossiler Energieträger, der Kohlenstoffdioxidgehalt in der Atmosphäre erhöht sich daher. Da Kohlendioxid eines der wichtigsten Treibhausgase ist, führte das zum anthropogenen Klimawandel, der nach den meisten Experten die globale Durchschnittstemperatur deutlich steigern wird. Die Folgen dieses Prozesses werden Klima, Meere, Vegetation, Tierwelt und Menschen erheblich beeinflussen. Die primären Folgen sind häufigere und verstärkte Wetterereignisse, ein steigender Meeresspiegel infolge abschmelzenden Inlandeises und der Wärmeausdehnung des Wassers, sowie eine Verlagerung der Klima- und Vegetationszonen nach Norden. Sofern die internationalen Klimaschutzbemühungen zu wenig Erfolg haben, kann es zu einem Szenario unkalkulierbarer Risiken für die Erde kommen, das von den Medien auch als „Klimakatastrophe“ bezeichnet wird.

Mond

→ *Hauptartikel: Mond*

Der Mond umkreist die Erde als natürlicher Satellit. Das Verhältnis des Durchmessers des Mondes zu seinem Planeten von 0,273 (mittlerer Monddurchmesser 3.476 km zu mittlerem Erddurchmesser 12.742 km) ist deutlich größer als bei den natürlichen Satelliten der anderen Planeten.

Erdaufgang im Orbit um den Mond (Apollo 8)

Der Mond entstand nach heutigem Wissen, nachdem die Proto-Erde mit der marsgroßen Theia seitlich zusammengestoßen war.[14]

Der Mond stabilisiert die Erdachse, deren Neigung mit ± 1,3° um den Mittelwert 23,3° schwankt. Diese Schwankung wäre viel größer, wenn die Präzessionsperiode von etwa 26.000 Jahren in Resonanz mit einer der vielen periodischen Störungen stünde, die von der Gravitation der anderen Planeten stammen und die Erdbahn beeinflusst. Gegenwärtig beeinflusst nur eine geringe Störung von Jupiter und Saturn mit einer Periode von 25.760 Jahren die Erde, ist aber zu schwach, um viel zu verändern. Die Neigung der Erdachse wäre, wie Simulationen zeigen, im gegenwärtigen Zustand des Sonnensystems instabil, wenn die Neigung im Bereich von etwa 60° bis 90° läge; die tatsächliche Neigung von gut 23° hingegen ist weit genug von starken Resonanzen entfernt und bleibt stabil.[15]

Hätte die Erde jedoch keinen Mond, so wäre die Präzessionsperiode etwa dreimal so groß, weil der Mond etwa zwei Drittel der Präzessionsgeschwindigkeit verursacht und ohne ihn nur das Drittel der Sonne übrigbliebe. Diese deutlich längere Präzessionsperiode läge nahe vielen Störungen, von denen die stärksten mit Perioden von 68.750, 73.000 und 70.800 Jahren erhebliche Resonanzeffekte verursachen würden. Unter diesen Umständen zeigen Rechnungen, dass alle Achsneigungen zwischen 0° und etwa 85° instabil wären. Dabei würde eine typische Schwankung von 0° bis 60° weniger als 2 Millionen Jahre erfordern.[15]

Der Mond verhindert diese Resonanzen und stabilisiert so mit seiner relativ großen Masse die Neigung der Erdachse gegen die Ekliptik. Dies stabilisiert auch die Jahreszeiten und schafft so günstige Bedingungen für die Entwicklung des Lebens auf der Erde.

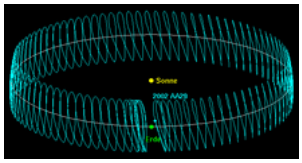
Größenverhältnis zwischen Erde und Mond und ihr Abstand zueinander:

L_4 und L_5

Erde Mond

Weitere Begleiter

Außer dem Mond existieren kleinere erdnahe Objekte: Koorbitale Asteroiden, die zwar nicht die Erde umkreisen, aber in einer 1:1-Bahnresonanz auf einer Hufeisenumlaufbahn um die Sonne kreisen. Beispiele dafür sind der etwa 50 bis 110 Meter große Asteroid 2002 AA_{29} und der etwa zehn bis 30 Meter große Asteroid 2003 YN_{107}.



Hufeisenumlaufbahn von 2002 AA_{29} entlang der Erdbahn

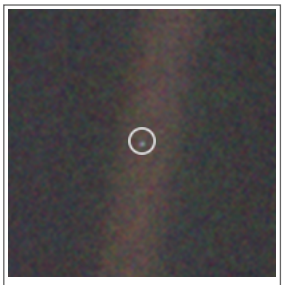
Auch in bzw. bei den Lagrange-Punkten L_4 und L_5 der Erde können sich Begleiter aufhalten, die dann Trojaner heißen. Bislang wurde ein einziger natürlicher Trojaner der Erde entdeckt, der etwa 300 Meter große Asteroid 2010 TK_7.

Entstehung der Erde

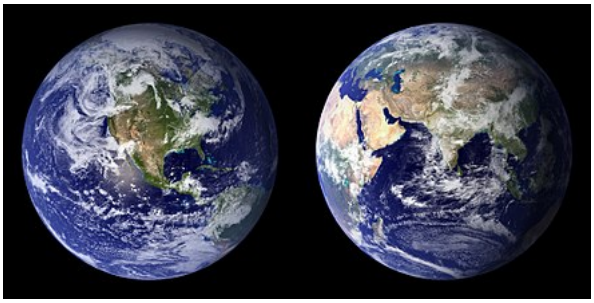
Entstehung des Erdkörpers

→ Hauptartikel: Entstehung der Erde

Die Erde entstand wie die Sonne und ihre anderen Planeten vor etwa 4,6 Milliarden Jahren als sich der Sonnennebel verdichtete. Die Erde wurde, wie heute allgemein angenommen, während der ersten 100 Millionen Jahre intensiv von Asteroiden bombardiert. Heute fallen nur noch wenige Objekte vom Himmel. Dort erscheinen die meisten Objekte als Meteore und sind kleiner als 1 cm. Auf der Erde sind im Gegensatz zum Mond fast alle Einschlagkrater durch geologische Prozesse verschwunden. Die junge Erde erhitzte sich durch die kinetische Energie der Einschläge während des schweren Bombardements und durch die Wärmeproduktion des radioaktiven Zerfalls, bis sie größtenteils aufgeschmolzen war. Danach differenzierte sich gravitativ der Erdkörper in einen Erdkern und einen Erdmantel. Dabei sanken die schwersten Elemente, vor allem Eisen, zum Schwerpunkt der Erde, wobei auch Wärme frei wurde. Leichte Elemente, vor allem Sauerstoff, Silizium und Aluminium, stiegen nach oben und aus ihnen bildeten sich hauptsächlich silikatische Minerale, aus denen auch die Gesteine der Erdkruste bestehen. Da die Erde vorwiegend aus Eisen und Silikaten besteht, hat sie wie alle terrestrischen Planeten eine recht hohe mittlere Dichte von 5,515 g/cm³.


Die Erde als „blassblauer Punkt“, aufgenommen von der Raumsonde *Voyager 1* am 14. Februar 1990 aus einer Entfernung von etwa 40,5 AE (ca. 6 Mrd. km)

Die Erdoberflächen-Entwicklung im Wechselspiel der geologischen- und biologischen Faktoren wird als Erdgeschichte bezeichnet.


Wasser bedeckt etwa 70 % der Erdoberfläche.

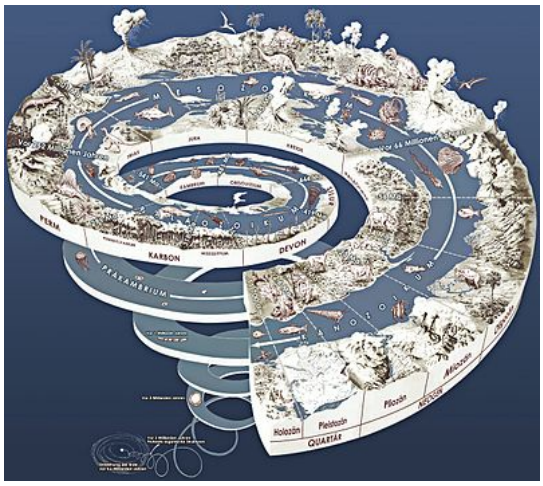
Herkunft des Wassers

→ Hauptartikel: Herkunft des irdischen Wassers

Woher das Wasser auf der Erde kommt, und insbesondere warum die Erde deutlich mehr Wasser hat als die anderen erdähnlichen Planeten, ist bis heute nicht befriedigend geklärt. Ein Teil des Wassers dürfte als Wasserdampf aus Magma ausgegast sein, also letztlich aus dem Erdinneren kommen. Ob das aber für die heutige Menge an Wasser ausreicht, ist fraglich. Weitere große Anteile könnten von Einschlägen von Kometen, transneptunischen Objekten oder wasserreichen Asteroiden (Protoplaneten) aus den äußeren Bereichen des Asteroidengürtels stammen. Wobei Messungen des Isotopen-Verhältnisses von Deuterium zu Protium (D/H-Verhältnis) eher auf Asteroiden deuten, da in Wassereinschlüssen in kohligen Chondriten ähnliche Isotopen-Verhältnisse gefunden wurden wie im Ozeanwasser, wohingegen das Isotopen-Verhältnis von Kometen und transneptunischen Objekten nach bisherigen Messungen nicht mit dem von irdischem Wasser übereinstimmt.

Leben

Die Erde ist der einzige bekannte Planet, auf dem eine Biosphäre mit Lebensformen existiert. Das Leben begann nach heutigem Wissen möglicherweise bereits relativ schnell nach dem Ende des letzten schweren Bombardements großer Asteroiden: der letzten Phase der Entstehung des Sonnensystems, die von der Erdentstehung von vor etwa 4,6 bis vor etwa 3,9 Milliarden Jahren dauerte. Danach kühlte sich die Erde ab, so dass sich eine stabile Kruste bildete, auf der sich dann Wasser sammeln konnte. Das Leben entwickelte sich, wie Hinweise vermuten lassen, die jedoch nicht von allen Wissenschaftlern anerkannt werden, schon (geologisch) kurze Zeit später:



Stark vereinfachte grafische Darstellung der Geschichte der Erde und des Lebens

In 3,85 Milliarden Jahre altem Sedimentgestein aus der Isua-Region im Südwesten Grönlands wurden in den Verhältnissen von Kohlenstoffisotopen Anomalien entdeckt, die auf biologischen Stoffwechsel deuten könnten. Das Gestein kann aber auch statt Sedimentgestein nur stark verändertes Ergussgestein sein ohne dabei auf Leben zu deuten. Die ältesten direkten, allerdings umstrittenen Hinweise auf Leben sind Strukturen in 3,5 Milliarden Jahre alten Gesteinen der Warrawoona-Gruppe im Nordwesten Australiens und im Barberton-Grünsteingürtel in Südafrika, die als von Cyanobakterien verursacht gedeutet werden. Die ältesten eindeutigen Lebensspuren auf der Erde sind 1,9 Milliarden Jahre alte Fossilien aus der Gunflint-Formation in Ontario, die Bakterien oder Archaeen gewesen sein könnten.

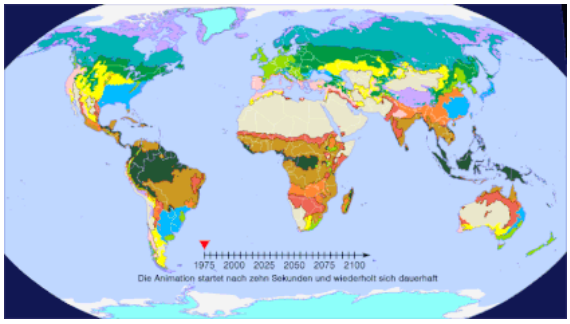
Mit der Erdklimageschichte sind untrennbar die chemische wie die biologische Evolution verknüpft. Obwohl anfangs die Sonne deutlich weniger als heute strahlte (vgl. Paradoxon der schwachen jungen Sonne), existieren Hinweise auf irdisches Leben, grundsätzlich vergleichbar dem heutigen, „seit es Steine gibt“.[16]

Des pflanzlichen Lebens Stoffwechsel, also die Photosynthese, reicherte die Erdatmosphäre mit molekularem Sauerstoff an, so dass sie ihren oxidierenden Charakter bekam. Zudem veränderte die Pflanzendecke merklich die Albedo und damit die Energiebilanz der Erde.

Die Lebensformen auf der Erde entstanden in der permanenten Wechselwirkung zwischen dem Leben und den herrschenden klimatischen-, geologischen- und hydrologischen Umweltbedingungen und bilden die Biosphäre: Eine systemische Ganzheit, die in großflächigen Biomen, Ökosystemen und Biotopen beschrieben wird.

Mensch und Umwelt

→ *Hauptartikel: Globale Umweltveränderungen und Zukunftsszenarien*



Verschiebung der Klimazonen nach dem Worst-Case-Szenario

Auf der Erde existiert seit rund 3 bis 2 Millionen Jahren die Gattung Homo, zu der der seit rund 300.000 Jahren existierende anatomisch moderne Mensch gehört. Die Menschen lebten bis zur Erfindung von Pflanzenbau und Nutztierhaltung im Vorderen Orient (ca. 11.), in China (ca. 8.) und im mexikanischen Tiefland (ca. 6. Jahrtausend v. Chr.) ausschließlich als Jäger und Sammler. Seit dieser neolithischen Revolution verdrängten die vom Menschen gezüchteten Kulturpflanzen und -tiere bei der Ausbreitung der Zivilisationen die Wildpflanzen und -tiere immer mehr. Der Mensch beeinflusst spätestens seit der industriellen Revolution das Erscheinungsbild und die Entwicklung der Erde immer mehr: Große Landflächen wurden in Industrie- und Verkehrsflächen umgewandelt.

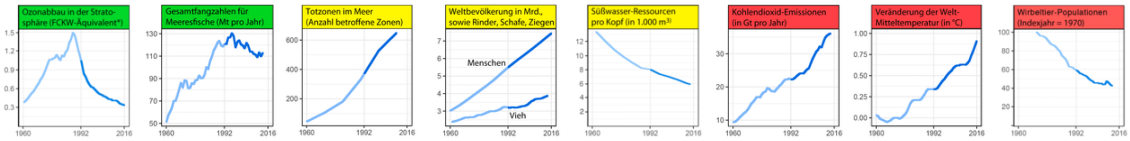
Dieser anthropogene Wandel wirkte bereits zu Beginn der Neuzeit in einigen Erdregionen deutlich negativ: So entstand in Mitteleuropa seit dem 16. Jahrhundert eine dramatische Holznot, die eine erhebliche Entwaldung verursachte. Daraus entstanden im 18. und 19. Jahrhundert die ersten größeren Bewegungen in Europa und Nordamerika für Umwelt- und Naturschutz. Umweltverschmutzung und -zerstörung globalen Ausmaßes nahmen im 20. Jahrhundert schnell zu. Die zugrundeliegenden Zusammenhänge zeigte die 1972 erschienene Studie „Grenzen des Wachstums“ erstmals umfassend auf. Der internationale Umweltschutz-Aktionstag ist seit 1990 der 22. April und heißt Tag der Erde. 1992 kam eine erste „Warnung der Welt-Wissenschaftsgemeinde an die Menschheit“ zur dringenden Reduzierung schädlicher Einflüsse auf die Erde.[17]

Das Jahr 2008 wurde von den Vereinten Nationen unter Federführung der UNESCO zum Internationalen Jahr des Planeten Erde (IYPE) erklärt. Diese bislang größte weltweite Initiative in den Geowissenschaften soll die Bedeutung und den Nutzen der modernen Geowissenschaften für die Gesellschaft und für eine nachhaltige Entwicklung verdeutlichen. Zahlreiche Veranstaltungen und interdisziplinäre Projekte auf internationaler und nationaler Ebene erstreckten sich von 2007 bis 2009 über einen Zeitraum von insgesamt drei Jahren.[18]

Um der Erde entscheidenden ökologischen Belastungsgrenzen zu quantifizieren, formulierte 2009 ein 28-köpfiges Wissenschaftlerteam unter Leitung von Johan Rockström (Stockholm Resilience Centre) die *Planetary Boundaries*:[19]

- Verlust der biologischen Vielfalt
- Schwefelemissionen
- Kohlenstoffdioxid in der Erdatmosphäre
- Ausdünnung der Ozonschicht
- Versauerung der Meere
- Phosphorverlust der Meere
- Intensität der Landnutzung
- Süßwasserressourcen

Menschlicher Einfluss auf die Zukunft



„Ampel“-Darstellung der ökologischen Trends der Erde nach William J. Ripple et al.: „Zweite Warnung an die Menschheit“ (2017)
*) = Emissionen von ozonabbauenden Halogenverbindungen als R-11-Äquivalente im Megatonnen unter Annahme einer konstanten natürlichen Emissionsrate von 0,11 Mt pro Jahr

Die nähere Zukunft der Erdoberfläche hängt sehr stark von der Entwicklung des menschlichen Umwelteinflusses ab.

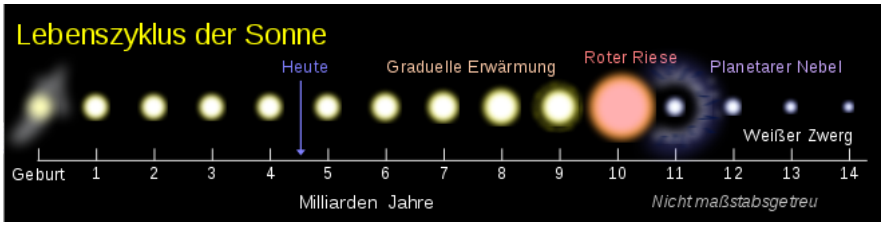
Dazu veröffentlichten 15.372 Wissenschaftler aus 184 Ländern am 13. November 2017 eine „zweite Warnung an die Menschheit“, da es außer beim Schutz der Ozonschicht und den Fischfangquoten keine realen Fortschritte gegeben hat: Fast alle wichtigen ökologischen Kennzahlen haben sich drastisch verschlechtert. Besonders beunruhigend sind die Trends bei der Klimaerwärmung, der Entwaldung, der Zunahme toter Gewässer und der Verringerung der Artenvielfalt. Die Wissenschaftler sehen die Lebensgrundlagen der Menschheit ernsthaft gefährdet und rufen zu kurzfristigen Gegenmaßnahmen auf.[17]

Ferne Zukunft und das Ende

Die fernere Zukunft der Erde ist eng an die der Sonne gebunden.

Weiterstrahlen der Sonne

Im Sonnenkern vermindert die Kernfusion die Teilchenzahl ($4\ p + 2\ e \rightarrow He^{2+}$), aber kaum die Masse. Daher wird der Kern langsam schrumpfen und heißer werden. Außerhalb des Kerns wird sich die Sonne ausdehnen, das Material wird durchlässiger für Strahlung, sodass die Leuchtkraft der Sonne etwa um 10 % über die nächsten 1,1 Milliarden Jahre und um 40 % nach 3,5 Milliarden Jahren zunehmen wird.[20]



Der Lebenszyklus der Sonne

Auswirkungen auf die Erde

Sofern obige Sonnenveränderungen als Haupteinflussfaktor auf die Erde angenommen werden, wird vermutet, dass die Erde noch etwa 500 Millionen Jahre lang ähnlich wie heute belebt bleiben könne.[21] Danach, so zeigen Klimamodelle, wird der Treibhauseffekt instabil und höhere Temperatur führt zu mehr Wasserdampf in der Atmosphäre, was

wiederum den Treibhauseffekt verstärken wird.[22] Der warme Regen wird durch Erosion den anorganischen Kohlenstoffzyklus beschleunigen, wodurch der CO_2-Gehalt der Atmosphäre auf etwa 10 ppm in etwa 900 Millionen Jahren (verglichen mit 280 ppm in vorindustrieller Zeit) stark abnehmen wird, sodass mit den Pflanzen auch die Tiere verhungern werden.[23] Nach einer weiteren Milliarde Jahren wird das gesamte Oberflächenwasser verschwunden sein[24] und die globale Durchschnittstemperatur der Erde +70 °C erreichen.[23]

Roter Riese

Die Leuchtkraftzunahme der Sonne wird sich fortsetzen und sich ab etwa sieben Milliarden Jahren deutlich beschleunigen. Die Sonne wird sich als Roter Riese bis an die heutige Erdbahn erstrecken, sodass die Planeten Merkur und Venus abstürzen und verglühen werden. Das wird, anders als zunächst gedacht, auch der Erde passieren. Zwar wird die Sonne als Roter Riese durch starken Sonnenwind etwa 30 % ihrer Masse verlieren, sodass rechnerisch der Erdbahnradius auf 1,7 AE anwachsen wird,[20] aber die Erde wird in der nahen, sehr diffusen Sonnenoberfläche eine ihr nachlaufende Gezeitenwelle hervorrufen, die an ihrer Bahnenergie zehren und so die Flucht vereiteln wird.[20][25]

Siehe auch

- Erde/Daten und Zahlen
- Position der Erde im Universum
- Liste der Staaten der Erde (Liste aller Länder und Staaten der Erde)
- Envisat (ESA-Umweltsatellit)
- NASA World Wind und Google Earth (Computerprogramme)
- Flache Erde (Historie zur Vorstellung von der Erde als Scheibe)
- Gaia-Hypothese
- Erdsystemwissenschaft

Literatur

- Cesare Emilliani: *Planet Earth. Cosmology, Geology, and the Evolution of Live and Environment.* Cambridge University Press 1992, ISBN 0-521-40949-7.
- Kevin W. Kelley (Herausgeber, im Auftrag der *Association of Space Explorers*): *Der Heimatplanet.* Zweitausendeins, Frankfurt am Main 1989. ISBN 3-86150-029-9.
- J. D. Macdougall: *Eine kurze Geschichte der Erde. Eine Reise durch 5 Milliarden Jahre.* Econ Taschenbuchverlag, München 2000, ISBN 3-612-26673-X.
- David Oldroyd: *Die Biographie der Erde.* Zweitausendeins 1998, ISBN 3-86150-285-2.
- Karl-August Wirth: *Erde (http://rdk.zikg.net/gsdl/cgi-bin/library.exe?a=d&c=rdk-web&cl=CL1.22&p=html.fig&d=DI796.1).* In: *Reallexikon zur Deutschen Kunstgeschichte.* 5. Band, 1964, Sp. 997–1104.

Weblinks

- Raumfahrer.net Sonderseite: Planet Erde (http://www.raumfahrer.net/planeterde)
- Onegeology.org (http://portal.onegeology.org/): Geologische Weltkarte
- NASA Earth Observatory (http://earthobservatory.nasa.gov/)
- *Solar System Exploration: Earth.* (https://solarsystem.nasa.gov/planets/earth/overview/) In: *NASA.gov.* (englisch).

Medien

Commons: Erde (https://commons.wikimedia.org/wiki/Earth?uselang=de) – Album mit Bildern, Videos und Audiodateien
Commons: Weltkarten (https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Maps_of_the_world?uselang=de) – Sammlung von Bildern, Videos und Audiodateien
Wiktionary: Erde – Bedeutungserklärungen, Wortherkunft, Synonyme, Übersetzungen
Wikiquote: Erde – Zitate
Wikisource: Erde – Quellen und Volltexte

- *Wie alt ist die Erde? (https://www.br.de/mediathek/video/sendungen/alpha-centauri/alpha-centauri-erde-2001_x100.html)* aus der Fernseh-Sendereihe *alpha-Centauri* (ca. 15 Minuten). Erstmals ausgestrahlt am 4. Feb. 2001.
- *Warum ist die Erde warm? (https://www.br.de/mediathek/video/sendungen/alpha-centauri/alpha-centauri-erde-2002_x100.html)* aus der Fernseh-Sendereihe *alpha-Centauri* (ca. 15 Minuten). Erstmals ausgestrahlt am 14. Apr. 2002.
- *Wie schnell entstand die Erde? (https://www.br.de/mediathek/video/sendungen/alpha-centauri/alpha-centauri-132.html)* aus der Fernseh-Sendereihe *alpha-Centauri* (ca. 15 Minuten). Erstmals ausgestrahlt am 2. Feb. 2005.

Einzelnachweise

1. David R. Williams: *Earth Fact Sheet.* (https://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/earthfact.html) In: *NASA.gov.* 20. April 2020, abgerufen am 9. Mai 2020 (englisch).
2. *Solar System Exploration: Planet Compare.* (https://solarsystem.nasa.gov/planet-compare/) In: *NASA.gov.* Abgerufen am 10. Mai 2020 (englisch).
3. *Trends in Atmospheric Carbon Dioxide.* (https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/monthly.html) In: *esrl.noaa.gov.* NOAA, abgerufen am 10. Mai 2020 (englisch).
4. helmholtz.de: Minus 93° – Die niedrigste Temperatur auf Erden (https://www.helmholtz.de/erde_und_umwelt/minus-93-die-niedrigste-temperatur-auf-erden/)
5. Hans-Ulrich Keller: *Kompendium der Astronomie: Einführung in die Wissenschaft vom Universum*. Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co. KG, Stuttgart 2016, ISBN 978-3-440-15215-7, S. 379 (eingeschränkte Vorschau (https://books.google.de/books?id=qppVDAAAQBAJ&pg=PA379#v=onepage) in der Google-Buchsuche).
6. Wilhelm Kühlmann: *Pantheismus I,* erschienen in: Horst Balz et al. (Hrsg.): *Theologische Realenzyklopädie, Band 25: „Ochino – Parapsychologie“.* Walter de Gruyter, Berlin, New York 1995/2000, ISBN 978-3-11-019098-4. S. 628.

7. *Das Herkunftswörterbuch* (= *Der Duden in zwölf Bänden*. Band 7). 5. Auflage. Dudenverlag, Berlin 2014 (S. 255 (https://books.google.de/books?id=KqvWCgAAQBAJ&pg=PA255&dq=erde)). *Siehe auch DWDS* („Erde" (https://www.dwds.de/wb/Erde#et-1)) *und* Friedrich Kluge: *Etymologisches Wörterbuch der deutschen Sprache*. 7. Auflage. Trübner, Straßburg 1910 (S. 117 (http://daten.digitale-sammlungen.de/~db/0007/bsb00070228/images/index.html?&seite=139)).
8. Tom Stockman, Gabriel Monroe, Samuel Cordner: *Venus is not Earth's closest neighbor*. In: *Physics Today*. 12. März 2019, doi:10.1063/PT.6.3.20190312a (https://doi.org/10.1063/PT.6.3.20190312a) (englisch).
9. Herbert Cerutti: *Was wäre, wenn es den Mond nicht gäbe.* (http://www.nzzfolio.ch/www/d80bd71b-b264-4db4-afd0-277884b93470/showarticle/44fcf917-97c6-482a-87fd-1bb54b886382.aspx) In: *NZZ Folio.* 08/08.
10. *Last of the wild, v2.* (http://sedac.ciesin.columbia.edu/wildareas/methods.jsp/) In: *sedac.ciesin.columbia.edu.* „Socioeconomic Data and Applications Center" des „Center for International Earth Science Information Network (CIESIN)" der Columbia University, New York, abgerufen am 27. Januar 2019 (Prozentwerte der Studie auf Landfläche in km² umgelegt).
11. R. F. Keeling et al.: *Atmospheric CO_2 concentrations (ppm) derived from in situ air measurements at Mauna Loa, Observatory, Hawaii: Latitude 19.5 N, longitude 155.6 W, elevation 3397 m.* In: *Scripps CO_2 Program*, Scripps Institution of Oceanography (SIO), University of California, La Jolla (2011).
12. *Global Weather & Climate Extremes* (http://wmo.asu.edu/) auf *wmo.asu.edu*, abgerufen am 22. Dezember 2013.
13. *Welterschöpfungstag: Der Mensch überfordert die Erde.* (https://www.zeit.de/wissen/umwelt/2018-08/welterschoepfungstag-natuerliche-ressourcen-erde-aufgebraucht) In: *zeit.de.* 1. August 2018, abgerufen am 28. Januar 2019.
14. *Bestätigt: Mond entstand durch Kollision.* (http://science.orf.at/stories/1740146) In: *science.orf.at.* Abgerufen am 23. August 2016.
15. Jacques Laskar: *Large scale chaos and marginal stability in the solar system*. In: *Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy*. Band 64, Nr. 1-2, 1996, ISSN 1572-9478 (https://zdb-katalog.de/list.xhtml?t=iss%3D%221572-9478%22&key=cql), S. 115–162, Abschnitt 3.5: *The Chaotic Obliquity of the Planets.*, doi:10.1007/BF00051610 (https://doi.org/10.1007/BF00051610), bibcode:1996CeMDA..64..115L (https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1996CeMDA..64..115L).
16. Veizer, Ján (2005): *Celestial Climate Driver: A Perspective from Four Billion Years of the Carbon Cycle* (http://journals.hil.unb.ca/index.php/GC/article/viewArticle/2691/3113), Geoscience Canada, Band 32, Nr. 1, 2005.
17. William J. Ripple, Christopher Wolf, Thomas M. Newsome, Mauro Galetti, Mohammed Alamgir, Eileen Crist, Mahmoud I. Mahmoud, William F. Laurance und 15.364 Biowissenschaftler aus 184 Ländern: *World Scientists' Warning to Humanity: A Second Notice (https://academic.oup.com/bioscience/article-abstract/67/12/1026/4605229?redirectedFrom=fulltext)*, Zeitschrift: BioScience, Volume 67, Ausgabe 12, 1. Dezember 2017, veröffentlicht am 13. Dezember 2017. Seiten 1026–1028.
18. Deutsche UNESCO-Kommission e.V.: *Das Internationale Jahr des Planeten Erde 2008* (http://www.unesco.de/iype2008.html?&L=0).
19. Johan Rockström u. a.: *A safe operating space for humanity.* In: *Nature.* 461, 2009, S. 472–475. (24 September 2009)
20. I.-J. Sackmann, A. I. Boothroyd, K. E. Kraemer: *Our Sun. III. Present and Future*. In: *Astrophysical Journal*. 418, 1993, S. 457–468. bibcode:1993ApJ...418..457S (https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1993ApJ...418..457S). doi:10.1086/173407 (https://doi.org/10.1086/173407).
21. Carl Koppeschaar: *ASTRONET.* (http://carlkop.home.xs4all.nl/toast.html) 20. Februar 2000, abgerufen am 26. Dezember 2012.
22. J. F. Kasting: *Runaway and Moist Greenhouse Atmospheres and the Evolution of Earth and Venus*. In: *Icarus*. 74, 1988, S. 472–494. bibcode:1988Icar...74..472K (https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1988Icar...74..472K). doi:10.1016/0019-1035(88)90116-9 (https://doi.org/10.1016/0019-1035%2888%2990116-9)..
23. Peter D. Ward und Donald Brownlee: *The Life and Death of Planet Earth: How the New Science of Astrobiology Charts the Ultimate Fate of Our World*. Times Books, New York 2003, ISBN 0-8050-6781-7.
24. Damian Carrington: *Date set for desert Earth (http://news.bbc.co.uk/1/hi/sci/tech/specials/washington_2000/649913.stm)*, BBC News. 21. Februar 2000. Abgerufen am 23. Dezember 2008.
25. K.-P. Schröder, Robert Connon Smith: *Distant future of the Sun and Earth revisited*. In: *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. 386, 2008, S. 155. arxiv:0801.4031 (https://arxiv.org/abs/0801.4031). doi:10.1111/j.1365-2966.2008.13022.x (https://doi.org/10.1111/j.1365-2966.2008.13022.x). Siehe auch Jason Palmer: *Hope dims that Earth will survive Sun's death.* (http://www.newscientist.com/article/dn13369-hope-dims-that-earth-will-survive-suns-death.html) In: *newscientist.com.* 22. Februar 2008, abgerufen am 22. November 2018 (englisch).

Abgerufen von „https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Erde&oldid=200769645"

Diese Seite wurde zuletzt am 8. Juni 2020 um 23:54 Uhr bearbeitet.

Der Text ist unter der Lizenz „Creative Commons Attribution/Share Alike" verfügbar; Informationen zu den Urhebern und zum Lizenzstatus eingebundener Mediendateien (etwa Bilder oder Videos) können im Regelfall durch Anklicken dieser abgerufen werden. Möglicherweise unterliegen die Inhalte jeweils zusätzlichen Bedingungen. Durch die Nutzung dieser Website erklären Sie sich mit den Nutzungsbedingungen und der Datenschutzrichtlinie einverstanden.
Wikipedia® ist eine eingetragene Marke der Wikimedia Foundation Inc.